



OSSによるLSI開発 OpenEDA と RISC-V

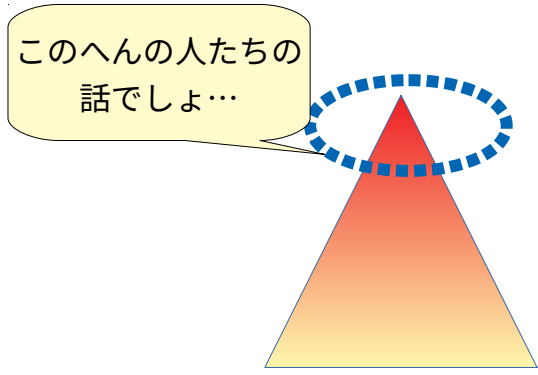
2022年11月16日
OSS活用WG/技術本部本部長
竹岡尚三 (株)アックス



日本の半導体 産業 復興!

- ・国内8社が半導体製造会社「Rapidus」設立
- ・経産省キモ入り 「10年の遅れ」取り戻す
- ・キオクシア、ソニーグループ、ソフトバンク、デンソー、トヨタ自動車、NEC、NTTがそれぞれ10億円、三菱UFJ銀行が3億円を出資した。

- ・半導体 工場は、かろうじて 最新のものがある
- ・でも、「お高いんでしょう〜?」
- ・技術者 不足
 - 半導体 設計 技術者
 - 論理回路 設計 技術者



このへんの人たちの話でしょ…

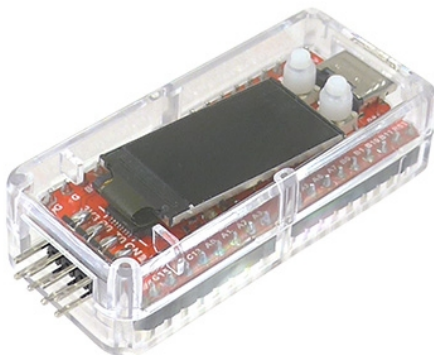
中華チップ 強し! (^.^;



Lichee Nano 極小 Linuxボード

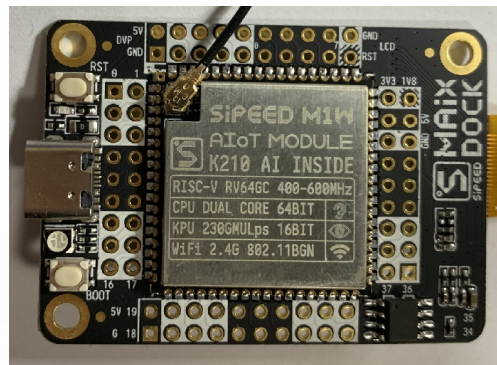
SD Card Size
CPU: ARM 926EJS @900MHz
32MB DDR SoC(内蔵),
16MB SPI Flash

<https://www.seeedstudio.com/LicheePi-Nano-ARM926EJS-SoC-Development-Board-16M-Flash-p-2892.html>



Sipeed Longan Nano RISC-V GD32VF103CBT6開発ボード

<https://www.seeedstudio.com/Sipeed-Longan-Nano-RISC-V-GD32VF103CBT6-Development-Board-p-4205.html>



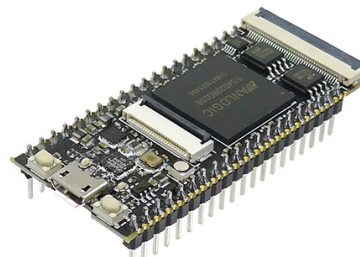
Sipeed M1w dock suit

AIアクセラレータ付き RISC-V

K210

ESP32入り(WiFi, TCP/IP通信など可能)

<https://www.seeedstudio.com/Sipeed-Maixduino-Kit-for-RISC-V-AI-IoT-p-4047.html>



Tang Primer FPGA, EG4S20

(sipeed tang Primer FPGA)

あらかじめ RISC-Vが焼かれている

<http://akizukidenshi.com/catalog/g/gM-14786/>



M5Stack C3U Mate

ESP32-C3 RISC-V MCU
ESP32のCPUがRISC-Vに
なった

<https://www.switch-science.com/catalog/7894/>



M5Stack M5StickV

AIアクセラレータ付き RISC-V

https://www.switch-science.com/products/5700?fbclid=IwAR01nIN9ch9HkzyrCEg-eMPN_qgfEw-1GaSqAS1jy50OQW021bodWdtekY0

技術者 不足をStop!日本の半導体 産業 復興!

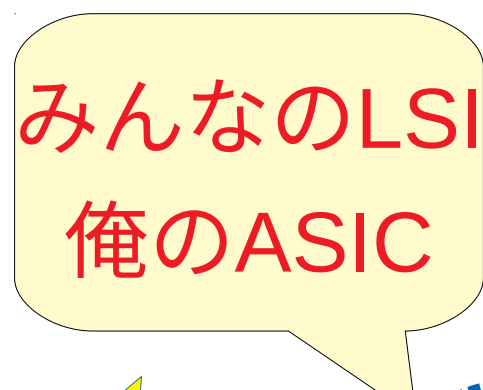


・OSSの開発ツールで、LSI 開発

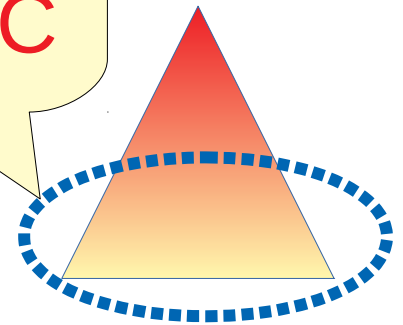
- 無料ツールの使い手が増える → 技術者不足 解消!
- 半導体 設計 技術者
- 論理回路 設計 技術者

・半導体 工場は、「お高くない」ものもある

- 65nm とか、安くてかなりいい



みんなのLSI
俺のASIC



LSI開発の民主化だっ!!!



半導体(LSI) 開発が OSSで自由な世界に

Googleがカスタム半導体の民主化・自由化を推進



- ・Googleなどが、OSSを使用して、
 - LSI開発の民主化を行っている。2020年ごろより
- ・日本政府も、半導体産業 復興を行う
 - ・LSI開発者の裾野を広げる
 - ・零細企業でも、LSI設計ができる時代になった
 - ・Open EDAを活用(Googleにならう)
 - ・OSSのハードウェア開発ツールを使用
- ・専用LSIは、低消費電力=持続可能社会に貢献
 - ・汎用CPU, Intel x86は電力消費が大きすぎる

- ・我々は、OSSのハードウェア開発ツール 復興を行う!

Googleがカスタム半導体の民主化・自由化を推進

- Googleと半導体ファウンドリの「SkyWater」が協力し、業界初となるオープンソースのPDKを公開
 - Skywaterは2017年に米Cypress Semiconductorからスピノフしたファウンドリ企業
- PDK プロセス設計キット
- ある特定の半導体プロセスで回路設計を行う際に必要な設計情報
- **トランジスタ配置の制約条件などが書かれている**
- 半導体の設計者は、半導体製造のファウンドリから「Process Design Kit(PDK)」と呼ばれる開発キットを購入
- 半導体ファウンドリが提供するPDKは高価 → それ**が無料OSSに!**
- SkyWaterの130nmプロセス「SKY130」で半導体チップの製造を行うための設計を無料で行うことが可能
- GitHub - google/skywater-pdk: Open source process design kit for usage with SkyWater Technology Foundry's 130nm node.

<https://github.com/google/skywater-pdk>

Googleがカスタム半導体の民主化・自由化を推進

- GoogleがスポンサとなりMPWシャトル・サービスを、**無料で提供**する予定
 - MPW(Multi-project wafer):
 - さまざまな顧客からの異なる半導体チップを1枚のウェーハで製造する
 - Skywater社で製造
- **50万円～100万円出せば、作ってくれる道筋もある**
- 130nmプロセスのアナログ・デジタル混載LSIを作る。
-



- FOSSi(Free and Open Source Silicon Foundation)
 - 無料のオープンデジタルハードウェア設計
 - そのエコシステムを支援
 - 非営利団体
- [FOSSi Dial-Up] Tim Ansell - Skywater PDK: Fully open source manufacturable PDK for a 130nm process
<https://www.youtube.com/watch?v=EcZW2IWdnOM>
- 半導体チップの設計フロー3つの要素
 - RTLデザイン ○
 - EDAツール(電気、電子CAD) ○
 - PDKデータ ← これがOSSに!
- 唯一オープンソース化がなされていなかったPDKデータがいよいよオープンソース化された
- FOSSiでは、半導体 試作を無料でできるサービスも提供
 - (申込みがうまくできないが…)
-
- GoogleがスポンサとなりMPWシャトル・サービスを、**無料で提供**する予定
 - MPW(Multi-project wafer):
 - さまざまな顧客からの異なる半導体チップを1枚のウェーハで製造する
 - Skywater社で製造

- NEDO資金も受け、日本人 河崎氏も、
実際に、LSIを開発した。



※河崎氏は、RISC-V Foundation ボードメンバで、
JASA RISC-V WGメンバでもある

- 「Google社 が スポンサーとなり eFabless社 の オープンソースチャトル を 使用し30日で RISC-V 半導体 を 設計試作」
- <https://riscv.or.jp/2022/05/marmot-risc-v-asic/>
- JASA RISC-V WGとJASA OSS-WGは、頻繁に情報交換中

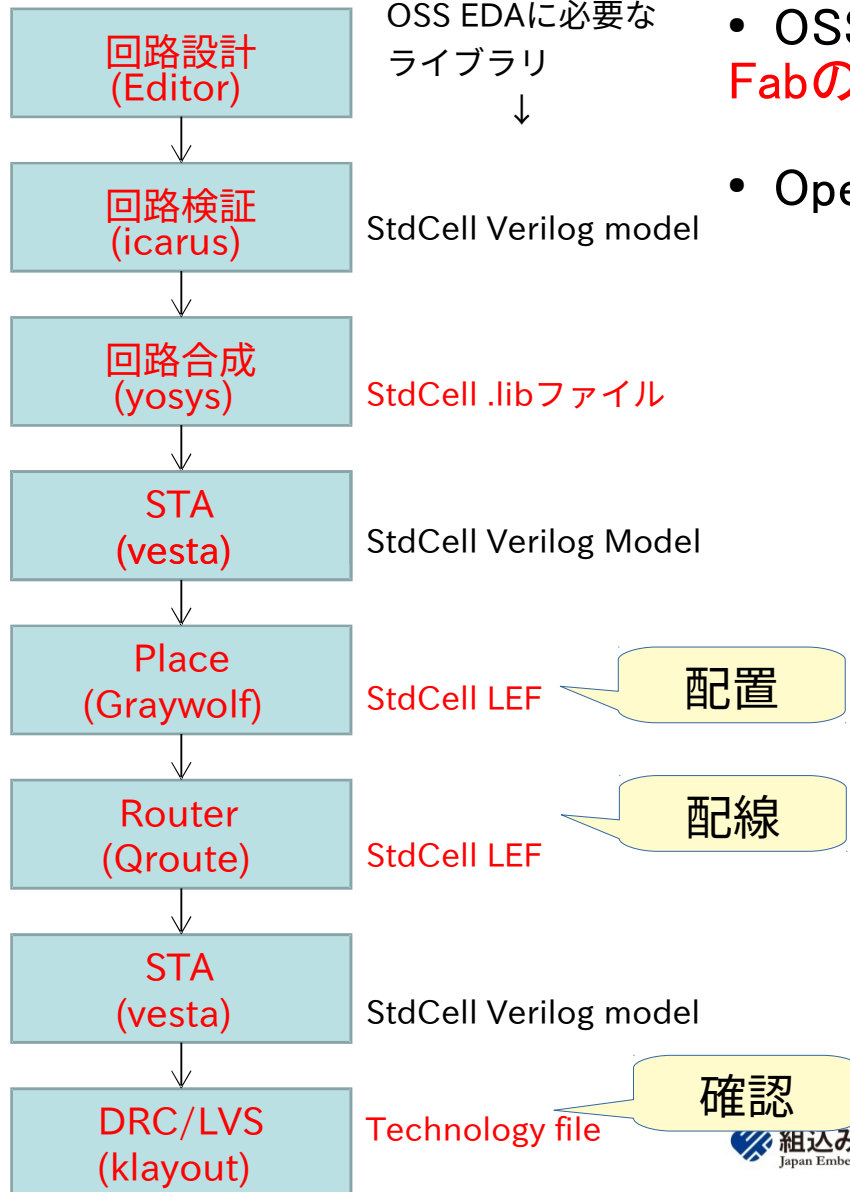


- RTLデザイン ○
- EDAツール ○
- デジタル合成フロー○
- PDKデータ ← これがOSSに

OSSによるLSI開発のEDAフロー



ロジック部開発フロー



OSS EDAに必要な
ライブラリ
↓

• OSS EDAに必要なライブラリは
Fabのデータから変換が必要

• OpenRAM、PLL、アナログは別なフローになる



デジタル合成フロー(Digital Synthesis Flow)

- Digital synthesis flowは、ツールと手法
 - RTL → 物理回路 を合成
 - FPGA ならば、Xilinx, Intel などのコンフィギュレーション・コード
 - 特定の半導体工場(ファブ)で作るIC(LIS)の場合は、ファブのプロセス・テクノロジーでのレイアウト
 - PDK情報が必要
- これまで
- 半導体用のデジタル合成フローは、
ケーデンスやシノプシス
という大手企業のみが供給していた
- FPGA 用は、Xilinx, Intel などFPGAメーカーがツールを提供
OSSではないが、無料で配られていることも多い



Qflow OSSデジタル合成フロー・ツール

※いまでは、Grayflowの方がいいかも

- Qflow 1.3: An Open-Source Digital Synthesis Flow
- <http://opencircuitdesign.com/qflow/welcome.html>
- OpenCores内 情報
 - <https://opencores.org/howto/eda>
- Icarus Verilog Simulator: Verilog simulation and synthesis tool
- Verilator: free Verilog HDL simulator
- GHDL VHDL simulator
-



OpenRAM: RAM合成ツール

- OpenRAMは、RAMを合成する
- 同時ではない、read/write のフツアのRAMは合成できる
- OpenRAMは、同時1read & 1write のRAMが仕様上は合成できるはず。
 - だが、ダメ(残念)



Klayout

- マスクの確認
- 分析
- <https://www.klayout.de/>

```
# The PCell declaration for the circle
class StarPCell < PCellDeclarationHelper

  include RBA

  def initialize

    # Important: initialize the super class
    super

    # declare the parameters
    param(:l, TypeLayer, "Layer", :default => LayerInfo.new(1, 0))
    param(:r1, TypeDouble, "Inner radius", :default => 1, :unit => "mil")
    param(:r2, TypeDouble, "Outer radius", :default => 5, :unit => "mil")
    param(:n, TypeInt, "Number of rays", :default => 32)
    param(:da, TypeInt, "Ray angle", :default => 5, :unit => "deg")

  end

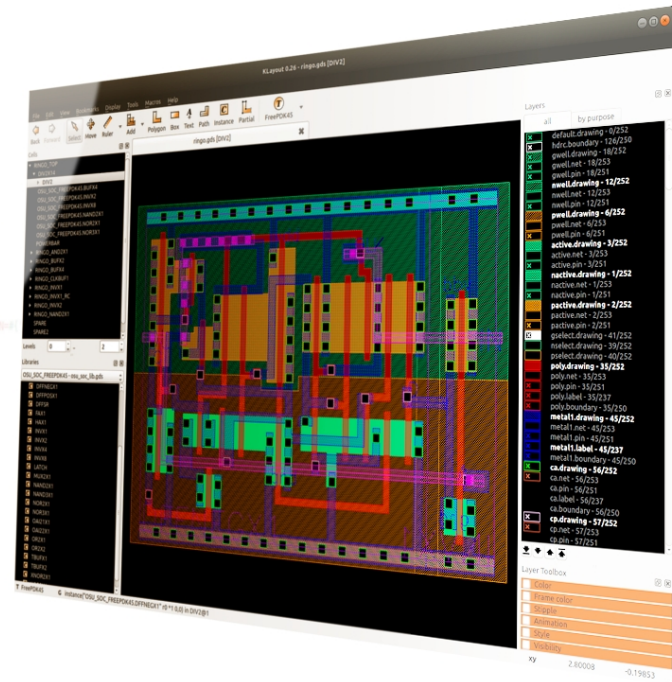
  def display_text_impl
    # Provide a descriptive text for the cell
    "StarPCell(L=#{l.to_s},R1=#{r1.to_f},R2=#{r2.to_f},N=#{n.to_s},DA=#{da.to_s})"
  end

  def produce_impl

    # This is the main part of the implementation: create the layout

    # compute the ray parts and produce the polygons
    d = Math::PI * da * 0.5 / 180.0
    a = 0.0
    n.times do |i|
      dpts = []
      DPoint.new(r1 * Math.cos(a + d), r1 * Math.sin(a + d)),
      DPoint.new(r1 * Math.cos(a), r1 * Math.sin(a + d)),
      DPoint.new(r2 * Math.cos(a + d), r2 * Math.sin(a + d)),
      DPoint.new(r2 * Math.cos(a), r2 * Math.sin(a + d))
    end
    cell.shapes(l.layer).insert(DPolygon.new(dpts))
    a += Math::PI * 2 / n
  end

end
```



GAFAなどが自社向け半導体の開発に力を入れる理由

- データセンタの消費電力削減
 - 自社製 専用半導体で電力削減
- 設計技術だけで自社半導体はできる
 - 半導体工場レス
 - RTL(デジタル論理)設計ができれば
 - 専用アルゴリズム用LSI
- オーダーメイドICは、FPGAでは不満
 - FPGAは消費電力 大
 - FPGAは遅い

- 政府が、LSI産業 再興
 - JASAにも、経産省から LSI 開発者 教育についてヒアリングが来て、私もJASA技術本部長として応えました。
- LSI開発者の裾野を広げたい
 - 産業技術総合研究所なども、OpenEDAに注目

日本も、国の金で施設を用意

ふくおかIST(公益財団法人 福岡県産業・科学技術振興財団)

福岡システムLSI総合開発センター

「システムLSI設計試作センター」

- http://www.ist.or.jp/lsi/pg04_02.html

- ここで使用されているツールはほとんどがOSS

- NEC Cyber Work Bench程度が商品

- ベンチャー企業が半導体の設計ツールを安価で利用できる

- LSI設計、少量試作できる

- 50～100万円 あれば、LSIの少量生産ができる仕組みがある

EDA開発用 OSS 日本でも流行

福岡システムLSI総合開発センター

「システムLSI設計試作センター」

の設計ツール一覧

基本、OSSで揃えてある

EDA機能		製品名
ハイレベル設計	CLレベル合成	* CyberWorkBench ※NECの商品
フロントエンド設計	論理シミュレータ	* Incisive Enterprise Simulator L
	回路図エントリ	* Schematic Editor
		* ASCA
		* ASCA Basic
	シミュレーションIF	* Virtuoso ADE
		* ASCA Sim.faceA
	総合回路設計	* C ³
	Composer IFオプション	* Composer IF
	Verilog Interfaceオプション	* Verilog Interface
	SPICE Interfaceオプション	* Analog HSPICE IF
	アナログ回路シミュレータ	* Spectre circuit Sim
* Msim		
汎用回路波形解析	* SimVision	
レイアウト	レイアウトエディタ	* Virtuoso LE
		* ISMO
	Cadence Linkオプション	* Cadence Link (DF II Upgrade)
レイアウト検証 その他	DRC	* Calibre DRC
	LVS	* Calibre LVS
	IFオプション	* Calibre RVE
	DRC/ERC	* iDRC/ERC
	Caliber IFオプション	* Calibre IF
	寄生パラメータ抽出	* Calibre xRC



ミニマルファブ

一般社団法人 ミニマルファブ推進機構

MINIMAL(Minimal Fab Promoting Organization)は、

半導体、MEMSなどマイクロデバイスの多品種少量生産を可能とする革新的な産業システム(ミニマルファブ)の発展と普及を支援する世界唯一の団体です。

<https://www.minimalfab.com/>

- 半導体 1個を手作りで作れる
- 手間は掛かるが、費用は超安い



<https://www.semiconportal.com/archive/editorial/conference/report/130705-minimalfab.html?print>
より引用



FPGAでも非営利団体

Open Source FPGA Foundation (OSFPGA Foundation)

<https://osfpga.org/>

- 2021年4月8日、非営利団体「Open Source FPGA Foundation（OSFPGA Foundation）」の設立が発表された。
- OSFPGA Foundationは、オープンソースのFPGA設計ツールとIPブロックの普及推進を目的に組織された団体で、Open-Silicon社の創業者でSiFiveの会長も務めていた
- Naveed Sherwani氏が会長を務める。ボードメンバーには大学や研究機関の研究者が名を連ねており、FPGAベンダからはQuickLogicの社長兼CEOであるBrian Faith氏も参画している。同氏はオープンソースのチップ設計を目指す「CHIPS Alliance」やRISC-Vベースのオープンソースコアを

<https://www.eda-express.com/2021/04/fpgaipopen-source-fpga-foundation.html>



電子CAD OSS



- いわゆるEDAツール(電気、電子CAD)
- Spice
 - 電子回路シミュレータ
- KiCAD
 - 回路図、基板CAD

Spice



- 電子回路シミュレータ 無料版(必ずしもOSSではない)
- PSpice for TI
 - PSpiceのTI強化版

<https://www.tij.co.jp/tool/jp/PSPICE-FOR-TI>

- LTspice

- アナログデバイセス

<https://www.analog.com/jp/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html>

https://www.ltspice.jp/information_category/general/

- Ngspice (OSS)

<http://ngspice.sourceforge.net/>

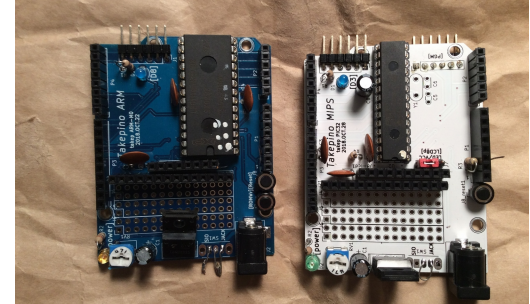
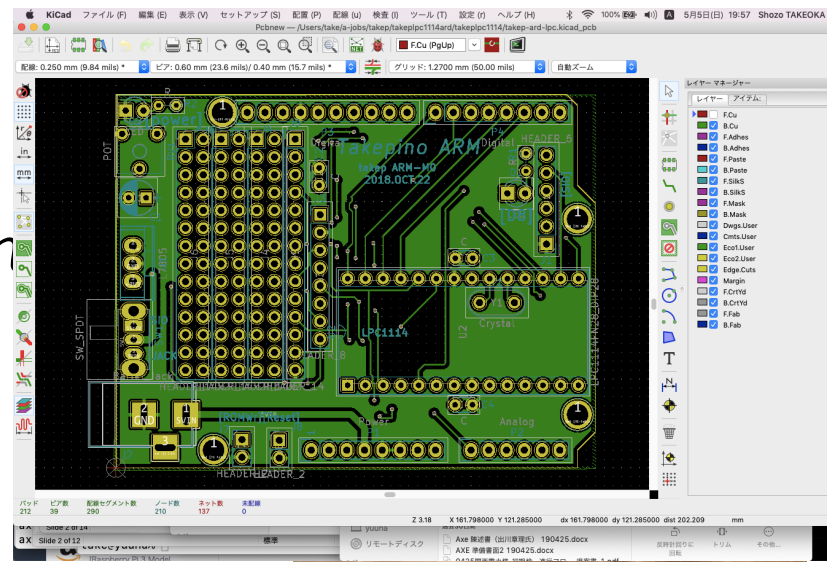
- Qucs (OSS)

<http://ngspice.sourceforge.net/>

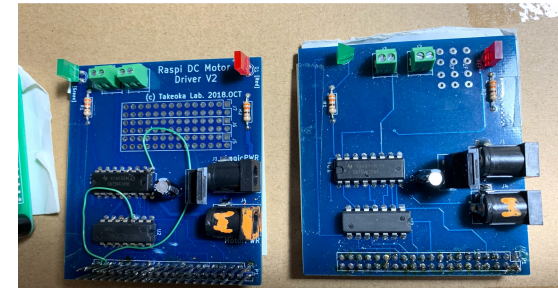


KiCAD

- EDAツール(電気、電子CAD)
- <https://www.kicad.org/>
- KiCADがあれば、アマチュアでも基板が作れる
- 写真はたけおかが、KiCADで設計
 - 中国でプリント基板少量生産
- シミュレーションはできない
- 知的な手助けは無い
 - 高周波回路の引き回し補助とか無い
- Linux, Macでも動作



ArduinoフォームファクタのARM, MIPSマイコン



Raspi2,3用DCモータドライバ



今、OSS (オープンソース・ソフトウェア) なのか?

自動運転もOSS! 「Autoware」



- ・ 東京大学/名古屋大学 加藤真平先生 日本で最も進んだ自動運転研究
- ・ 名古屋大学 開発 自動運転ソフトウェア「Autoware」サポート
- ・ 名古屋大学ら、開発済み自動運転システム一式をオープンソース化
…加藤准教授「時間をジャンプ」
 - ・ Autowareは、オープンソース・ソフトウェアとして無償配布されている

<http://response.jp/article/2015/08/26/258648.html>



自動運転タクシー西新宿 2020年11月5日～8日
<https://www.watch.impress.co.jp/docs/news/1287297.html>
より引用



(株)ティアフォー、ヤマハモーターパワープロダクツ(YMPC)、(株)マクニカが提供する「アカデミックバックPRO」
自動運転開発用のプラットフォーム
https://jidouten-lab.com/w_academic-pro-autonomous-car より引用

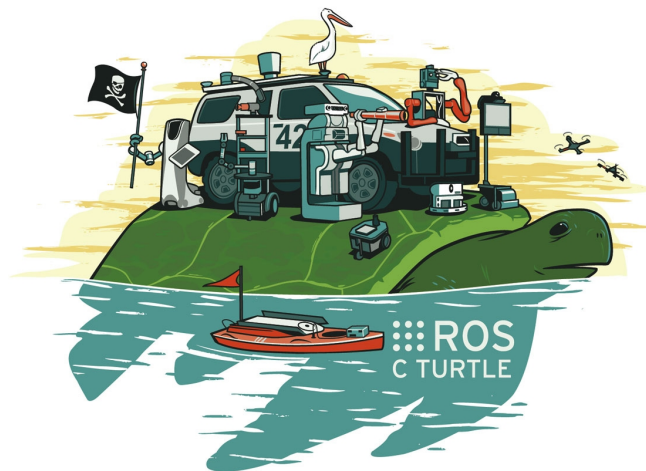
ロボット用ミドルウェア



ROS

<https://www.ros.org/>

- データの流れに応じて、コンポーネントをつなぐ
- 自動車の自動運転でも採用
- OpenCVも含まれている
- 雑に言ってしまえば…
 - ロボットを作るためのソフトウェア部品の多くが含まれている
- ROS2へシフト中



画像の引用元

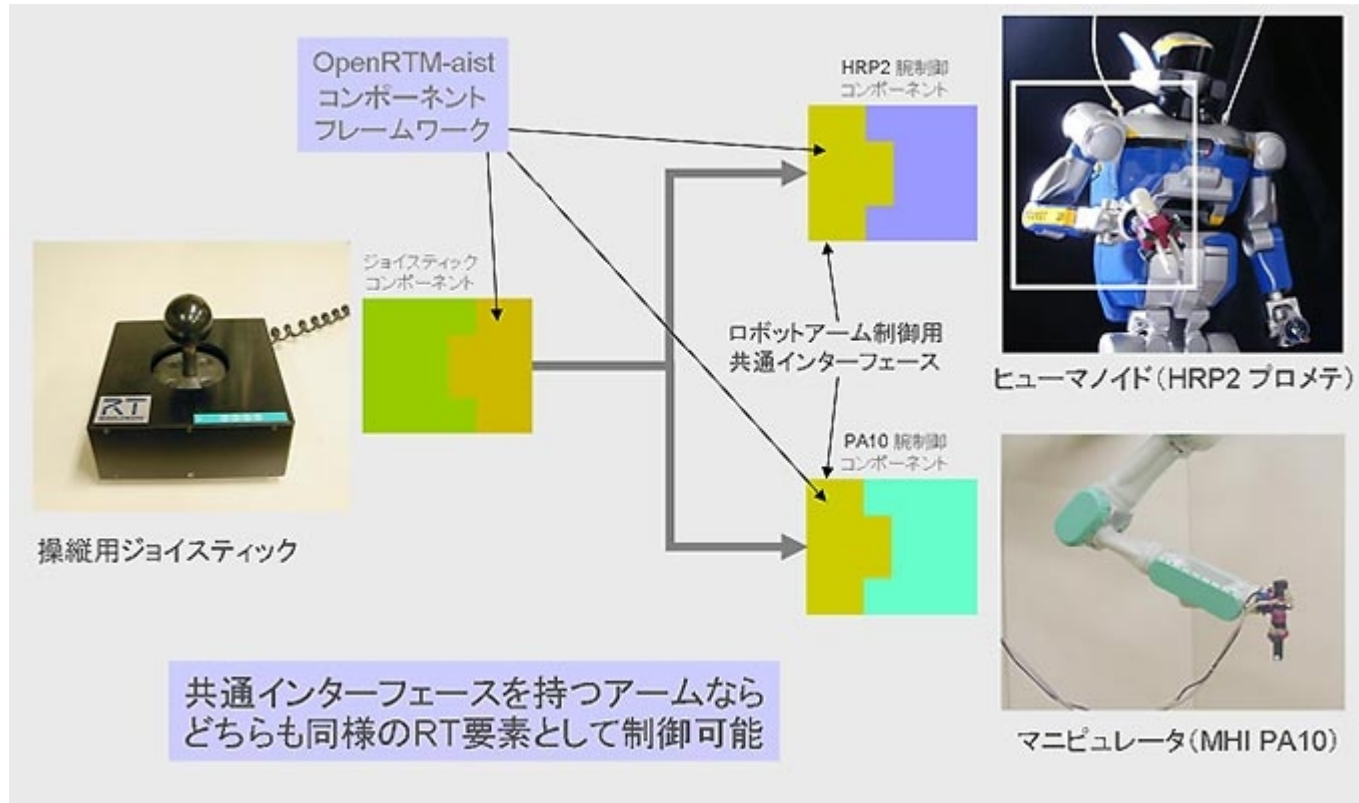
http://www.ros.org/news/resources/2010/poster2color_revis.jpg

RTミドルウェア

- 産総研などが開発しているロボット用ミドルウェア
 - RTコンポーネントは、OMGにて、国際標準化
- 「OpenRTM-aist」は、RTミドルウェアの産総研による実現
 - ライセンスは、LGPLおよび産総研と個別に契約するライセンスのデュアルライセンス方式



ロボット用ミドルウェア (RTミドルウェア, ROSなど)



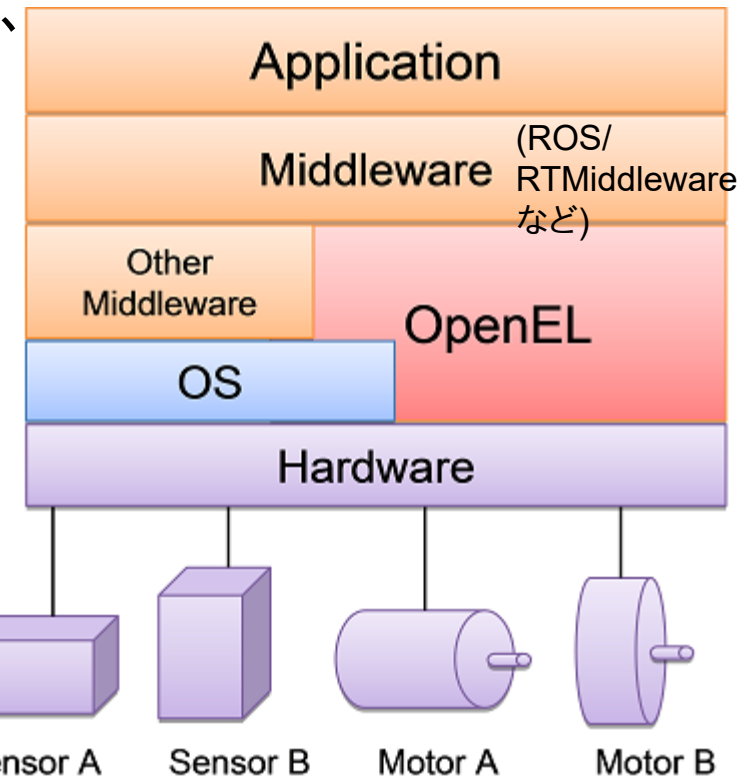
引用元

http://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2005/pr20050224/pr20050224.html

OpenEL by JASA



- JASAなどが推進しているフレームワーク
- RTミドルウェアなどのコンポーネントの可搬性を高める
- ハードウェアに近い層を、抽象化
- OpenEL準拠で書かれたソフトウェア(RTC)は、ハードウェア・ドライバに依存せずに動作する
- 2020年度は C#対応



参考

http://jasa.or.jp/openel/Main_Page/ja#OpenEL.E3.81.AE.E6.AD.B4.E5.8F.B2.E3.81.A8.E6.99.AE.E5.8F.8A.E3.83.BB.E5.95.93.E7.99.BA.E6.B4.BB.E5.8B.95

Dronecode



<https://www.dronecode.org/>

- Linux Foundationの取りまとめで
- 無人飛行体 Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)を開発
オープンソース・ソフトウェア + オープンソース・ハードウェア
- オン・ボード(機体上)と、オフ・ボードのソフトウェアがある
 - オンボード: 機体の制御、センサー制御
 - オフボード: リモコン、データ収集/記録
- Dronecode は、いくつかのプロジェクトとリポジトリでできている。
 - 各OSSプロジェクト

PX4 <https://px4.io/>

MAVLink <https://mavlink.io/en/>

MAVSDK <https://mavsdk.mavlink.io/develop/en/index.html>

QGroundControl <http://qgroundcontrol.com/>

画像引用元

https://www.dronecode.org/sites/dronecode/files/styles/dronecode_header/public/front_page_slides/images/drone_video_slide.png?itok=7C71FYIP

IoT, M2Mもオープンソース技術



▪ Arduino

- オープンソース・ソフトウェア (OSS)
+
- オープンソース・ハードウェア (OSHW)
- OSS
 - 開発環境 IDE
 - ライブラリ: 膨大な量のライブラリ
 - OSSで、世界中のみんなが開発
- OSHW
 - 回路図
 - 基板レイアウト
- お手軽試作にバッチリ
 - ハードウェアは、アマチュア品質だが...



- ESP32, M5 Stack, M5 Stick
- ESP32マイコン・モジュール
 - WiFi, TCP/IP, BluetoothのLSI
 - 上にファームウェア
 - 単なる通信モジュールとして使用
 - Arduino環境、Cコンパイラ
 - ROM:4~16MBytes
 - SRAM:520KBytes
- M5 Stack, M5 Stick
 - ESP32応用システム
 - 加速度センサ、LCDなど
 - IoT実験が簡単にできる



ESP32-WROOM-32E
<https://akizukidenshi.com/catalog/g/GM-15675/>より引用



M5 Stack BASIC
<https://docs.m5stack.com/en/core/basic>より引用



M5 Stick
<https://docs.m5stack.com/en/core/m5stickc>より引用

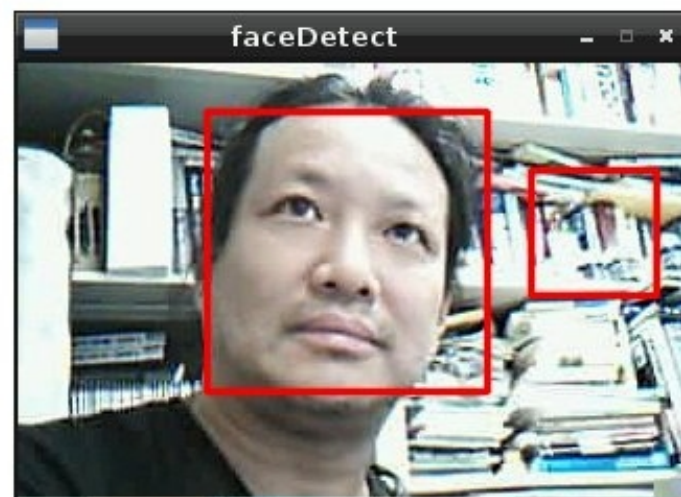
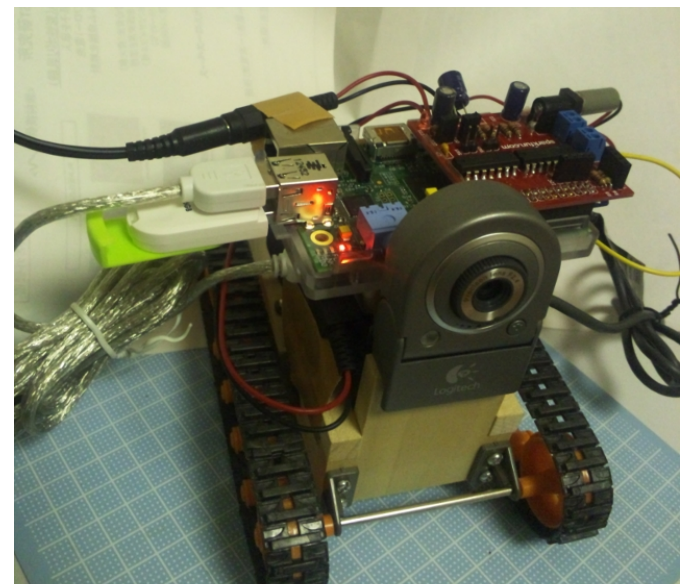
<https://docs.m5stack.com/en/products>

<https://docs.m5stack.com/en/core/m5stickc>

OSS機械学習ロボット



- 人間の顔を見つけたら、追尾する
 - ・ 顔の位置を判断して、右へ行くか、左へ行くかを定める
 - ・ 阪急電車も判別可能(機械学習によって)
- Linux+OpenCV+OpenEL
- OpenCVは
 - ・ 機械学習による顔認識などを含む
- 総合的な画像処理ライブラリ
- DCモータの制御はOpenEL
 - ・ OpenELはJASAなどが推進している
ロボット用の下位ハードウェアの
抽象化層の規格
- ハードウェア
 - ・ RaspberryPi
 - ARM11@700MHz
 - 512MBytesRAM
 - ・ USBカメラ
 - ・ DCモータ





画像処理DSL:Halide

- <https://halide-lang.org/>
- 高性能な画像および配列処理コードを簡単に記述できるDSL(Domain Specific Language)
- CPU architectures:
 - X86, ARM, MIPS, Hexagon, PowerPC, RISC-V
- Operating systems:
 - Linux, Windows, macOS, Android, iOS, Qualcomm QuRT
- GPU Compute APIs:
 - CUDA, OpenCL, OpenGL Compute Shaders, Apple Metal, Microsoft Direct X 12



- 「無料だから嬉しい」とか言っていると、負ける

- 特定企業のOSとは違い、ソースがあるので、
理解し、独自の改良が可能

- デファクト・スタンダードがOSSなら、
特定ベンダに囲い込まれない

- 自分の都合でシステムをリリースできる
 - ・ 特定のソフトウェアのリリース(バージョンアップ)に引っ張られない
 - ・ 独自に品質を上げたソフトウェアを、自由に維持できる



OSSに乗るしかない!

- 顧客が、OSS前提で仕様を決めている
 - サービス主導の時代→OSSで素早くシステム構築
 - Windows+ブラウザで、できていることは、できて欲しい
 - 高度なロボットを、すぐに作りたい
 - 人工知能(AI)が入った機器をすぐに作りたい
-
- OSSを活用する世界をみんなで考えよう
→ JASA OSS活用WG



RISC-V



JASA内の RISC-V関連 活動

RISC-V

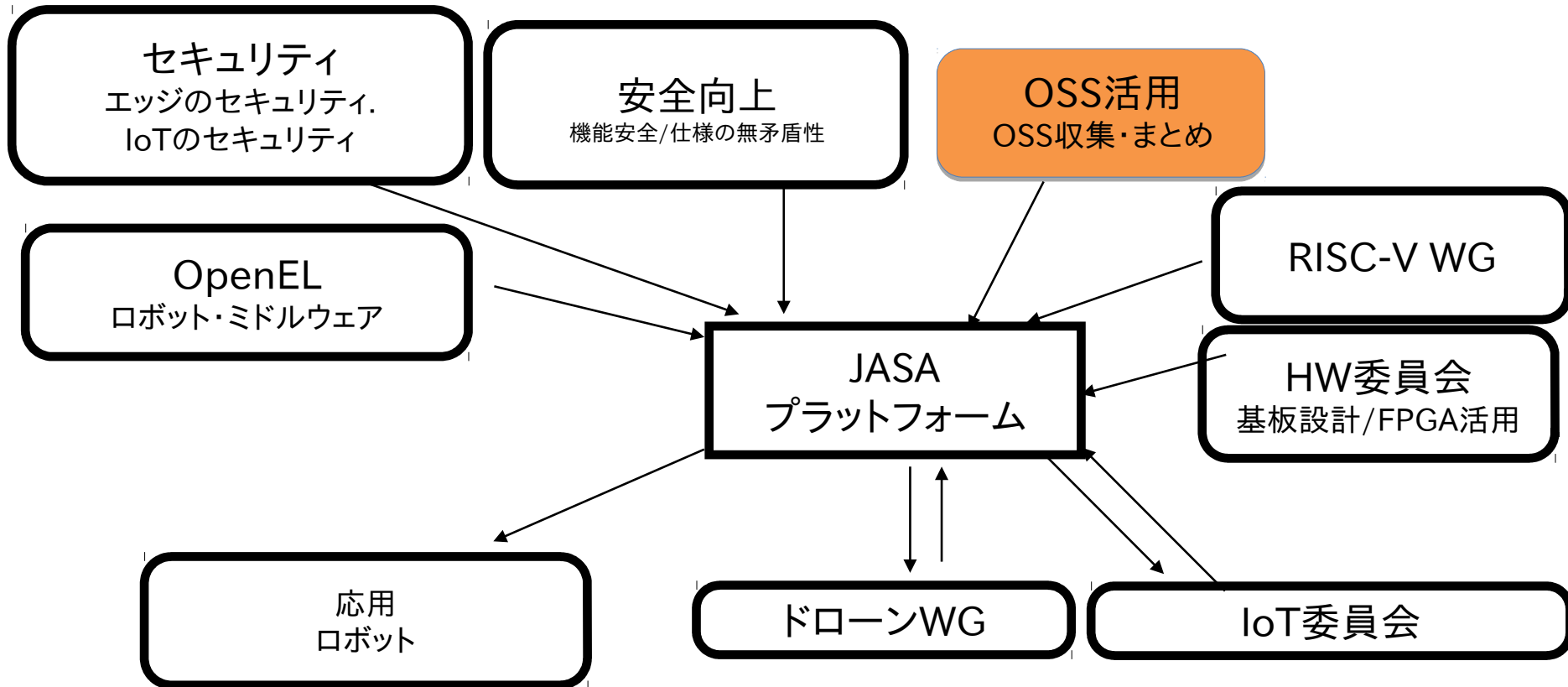


- 命令セットの使用が無料
- 自由に利用可能ないくつものCPUデザインがある
- BSDライセンス
 - オープンかつ自由
 - または
 - クローズドで独占的に
- 派生成果物
 - RISC-V自身と同様
 - オープンかつ自由に、またはクローズドで独占的に、作成することを許可する。

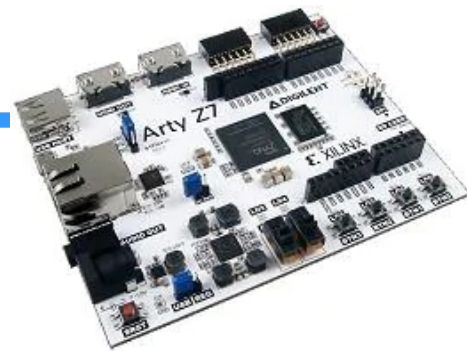


TRASIO
TEE

JASA技術本部内



JASA RISC-V WG

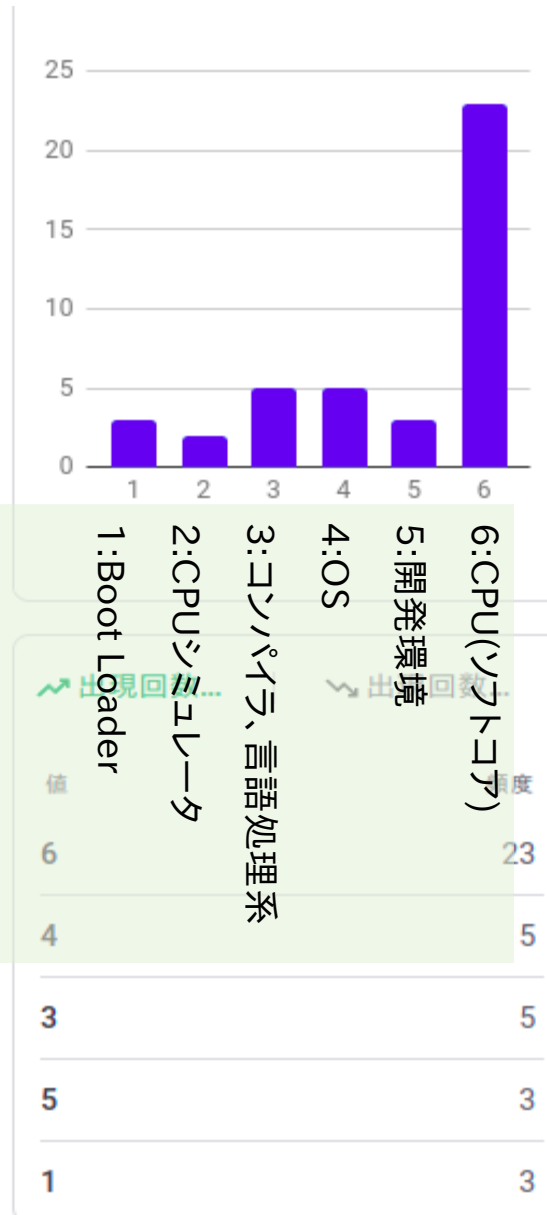


- JASA内の有志
 - NSITEXEなども参加
 - JASA OSS WG, ハードウェア委員会とも
協調活動
 - TRASIOのTEEを応援
- JASA共通プラットフォーム開発
 - Arduinoフォームファクタで、一式を整備
 - 2020年度 成果
 - Arty A7に Rocket chip. 情報を整備
 - Boot loader(UART, JTAG)
 - Arduino開発環境

OSS-WG RISC-V OSSまとめ

- RISC-V 用 OSS リスト
 - OS, コンパイラ、開発環境
 - RISC-V ソフトコア
 - CPUコア論理
- 2020年 春から、地道に情報更新

https://docs.google.com/spreadsheets/d/1nmeHG5HJanHjPiy3s145dYHLAiKgpcWrpNqpY_2TbOU/edit?usp=sharing



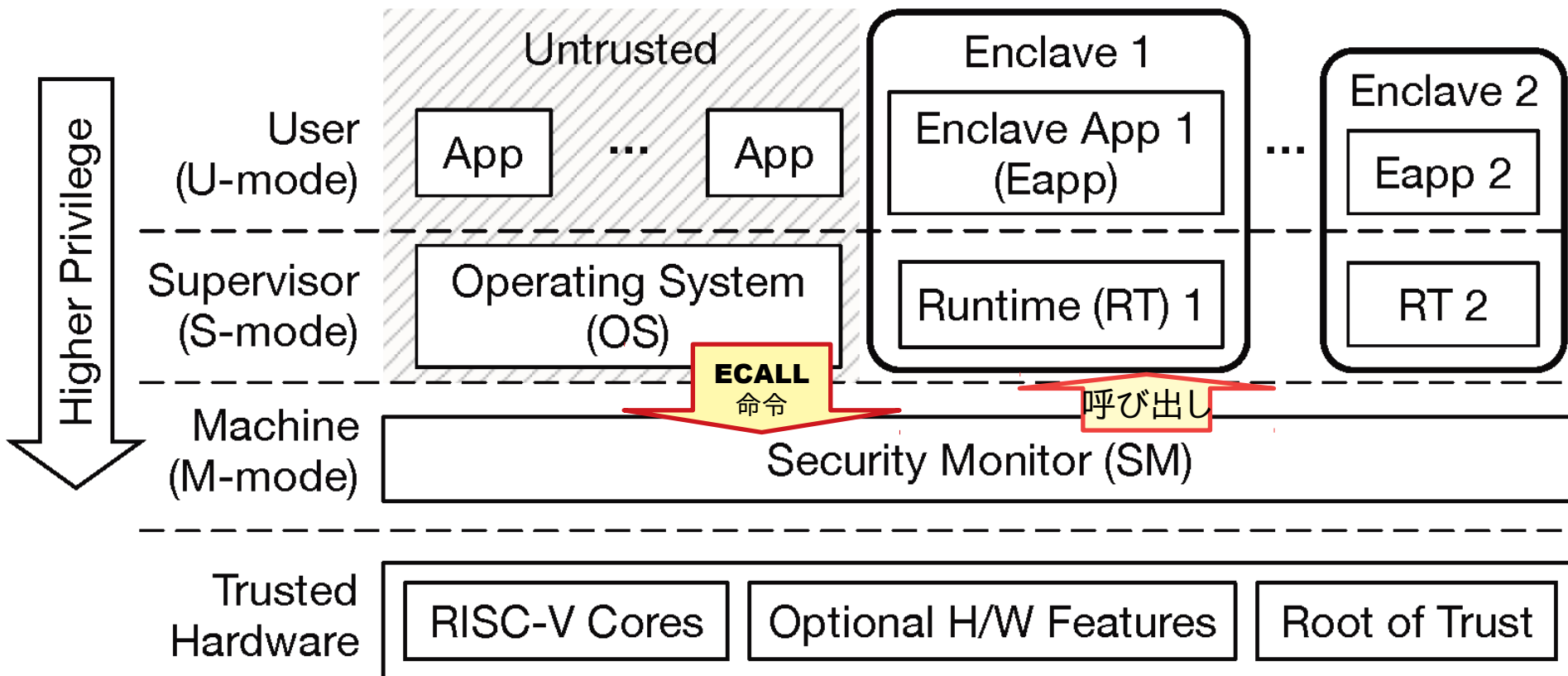
TEE実装 Key stone が、どう動くか調査



<http://docs.keystone-enclave.org/>
オープンソース・プロジェクト
ARMという Trust Zone と同等のものを、RISC-Vで実現

- OSSなので、ソースを読んで調査

- RISC-V(Key stoneが使用の実装) には、3つのレベルがある
- U-mode (User) / S-mode (Supervisor, OS) / M-mode (Trusted)
 - M-modeのみ物理空間で、プロテクトできる(TrustWorld)
 - U-mode や S-mode は仮想空間(通常のOSが使用)
- M-mode に入るには、ECALL 命令を使用

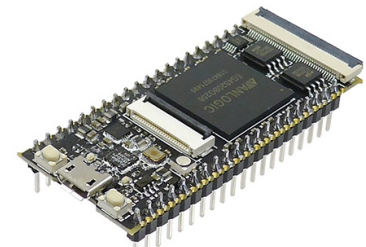
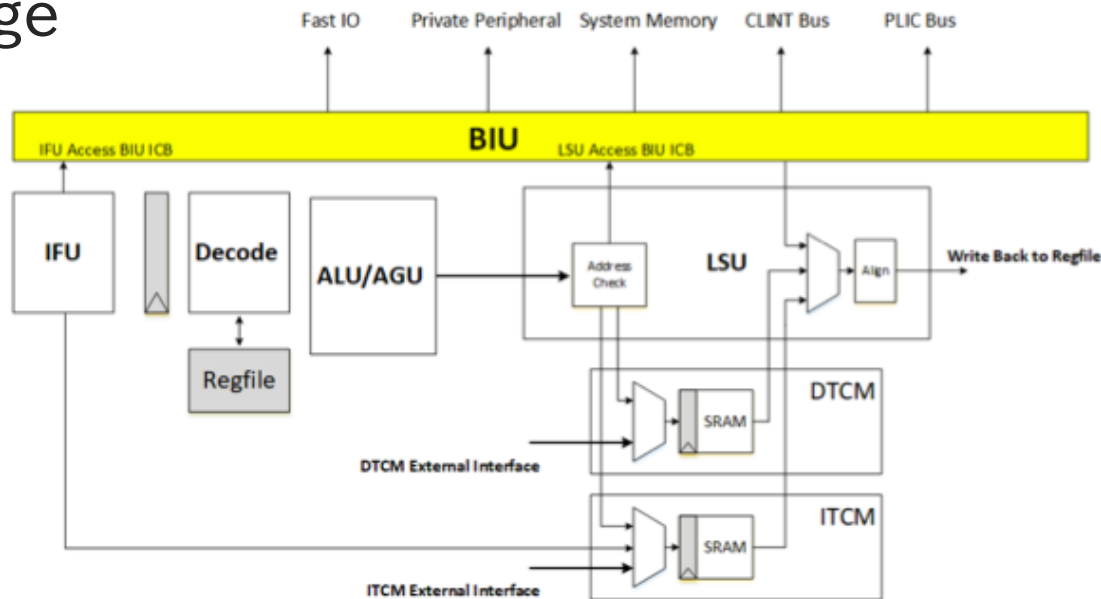


Humming bird E203 core改造

- e203には、ビット操作 拡張命令 “B”が入っていない
- オレオレ 命令 を追加

population, parity, clz(count leading zero), ctz(count trailing zero)

Float add, bit reverse, half word exchange, quarter word exchange



E203はTang Primer FPGAボードで動作するRISC-Vソフトコア

図は下記より引用:

- ITCM and DTCM is integrated inside Core

https://content.riscv.org/wp-content/uploads/2018/07/Shanghai-1110_HummingBirdE200forShanghaiDay_v1.pdf

e203に命令追加した



変更したファイル

`e203_defines.v` : 全体のdefineたち

`e203_exu_alu.v` : alu計算のインプリメンテーション

実際の、計算はしない。write backなどを管理

`e203_exu_alu_dpath.v`: aluのデータ・パス。計算もする

`e203_exu_alu_rglr.v` : 一般alu命令のインプリメンテーション

`e203_exu_decode.v` : 命令デコード

- オレオレ命令の実際の計算は、
 - `e203_exu_alu_dpath.v`
- 命令デコードは、
 - `e203_exu_decode.v`

AXEは東工大 吉瀬研RVCoreを改造中

吉瀬研 RVCore

<https://www.arch.cs.titech.ac.jp/wk/rvcore/doku.php>

- ・ Gnu Prolog加速命令 追加(AXEとTELで特許 共同出願中)
- ハードウェア・マルチスレッド機構 追加
 - 時分割マルチスレッド
 - ハードウェアのセマフォ機構
 - 外部イベント→セマフォ結びつけ
 - LL/SCによる排他制御機構
- OS機能を、ハードウェア化 → 省メモリ、省電力化

SPARCもオープンソースなソフトコアあり

- Open Sparc

<https://www.oracle.com/servers/technologies/opensparc-overview.html>

- LEONシリーズ

- 欧州宇宙機関(ESA)が積極開発

- Open Sparc の継続

<https://en.wikipedia.org/wiki/LEON>

- Len3, 3FT,4,5

- LEON3FT : Fault-tolerant processor

<https://www.gaisler.com/index.php/products/ipcores>

<https://www.gaisler.com/index.php/products/processors/leon3>

- Leon3 はGPL

- SPARC v8 が FPGAでも動作

オープンソースなソフトコア

- Opencores

<https://opencores.org/>

Arithmetic core 109

Project	Files	Statistics	Status
1 bit adjpcm codec	●	Stats	
2D FHT	●	Stats	
4-bit system	●	Stats	
5x4Gbps CRC generator designed with standard cells	●	Stats	done
8 bit Vedic Multiplier	●	Stats	done
Adder library	●	Stats	
AES128	●	Stats	done
ANN	●	Stats	
Anti-Logarithm (square-root)_base-2_single-cycle	●	Stats	done
BCD adder	●	Stats	
Binary to BCD conversions_with LED display driver	●	Stats	
Bluespec SystemVerilog Reed Solomon Decoder	●	Stats	
Booth Array Multiplier	●	Stats	
cavlc decoder	●	Stats	done
Cellular Automata PRNG	●	Stats	done
CF Cordic	●	Stats	
CF FFT	●	Stats	
CF Floating Point Multiplier	●	Stats	
Complex Arithmetic Operations	●	Stats	
Complex Gaussian Pseudo-random Number Generator	●	Stats	
Complex Multiplier	■	Stats	
Complex Operations ISE for NIOS II	●	Stats	
Configurable AES-GCM 128-192-256 bits	■	Stats	
configurable cordic core in verilog	●	Stats	done
configurable CRC core	●	Stats	
Configurable Parallel Scrambler	●	Stats	done
CORDIC arctangent for IQ signals	●	Stats	
★ CORDIC core	●	Stats	done OCCP
CRCAHB	●	Stats	
cr_div - Cached Reciprocal Divider	●	Stats	
DCT - Discrete Cosine Transformer	●	Stats	
Discrete Cosine Transform core	●	Stats	done
double_fpu_verilog	●	Stats	done

OpenRISC 1000	●	Stats	done wbc OCCP ext
OpenRISC 1000 (old)	●	Stats	done wbc
OpenRisc 1200 HP_Hyper Pipelined OR1200 Core	●	Stats	done
★ OpenRISC 2000	●	Stats	wbc OCCP ext
OpenTPULike	■	Stats	
P16C5x	●	Stats	done
pAVR	●	Stats	
PDP-11/70 CPU core and SoC	●	Stats	done
PDP-8 Processor Core and System	●	Stats	
Pepelatz MISC	●	Stats	
★ Plasma - most MIPS I(TM) opcodes	●	Stats	done OCCP
plasma with FPU	●	Stats	
Potato Processor	●	Stats	done wbc
PPX16 mcu	●	Stats	
grisc32 wishbone compatible risc core	●	Stats	
QUARK RISK	●	Stats	wbc
r2000 Soc	●	Stats	wbc
Raptor64	●	Stats	
Reduced AVR Core for CPLD	●	Stats	
Register Oriented Instruction Sets	●	Stats	
RISC Microcontroller	●	Stats	
risc16f84	●	Stats	done
RISC5x	●	Stats	done
RISCCompatible	●	Stats	
RISC_Core_I	●	Stats	
RISE Microprocessor	●	Stats	
RTF65002	●	Stats	wbc
rtf8088	●	Stats	
RV01 RISC-V core	●	Stats	done
S1 Core	●	Stats	done wbc
S80186	●	Stats	done
SAYEH educational processor	●	Stats	
Scarts Processor	●	Stats	
small non-pipelined_3 stage 16-bit cpu (fetch.decode.execute)	●	Stats	
Small Stack Based Computer Compiler	●	Stats	done
Small x86 subset core	●	Stats	
Soft AVR Core + Interfaces	●	Stats	done
Software Aided Wishbone Extension for Xilinx (R) PicoBlaze (TM)	●	Stats	done wbc
Steel Core	●	Stats	

OSS-WG OSSハンズオン



テーマ: エッジデバイスプロトタイピングで深めるOSS活用WG

概要: 従来の座学のみで完結する勉強会ではなく、エッジデバイスを用いたハンズオンを中心としたチーム単位でのプロト開発を通じてOSS活用技術の向上を目指します

実施方式: 各自のやってみたいコトを共通項に企業の枠を超えたチームを編成し、エッジデバイスを利用しながらチームで定めたテーマに基づきワークショップ形式(全5回程度)で実施

実績:

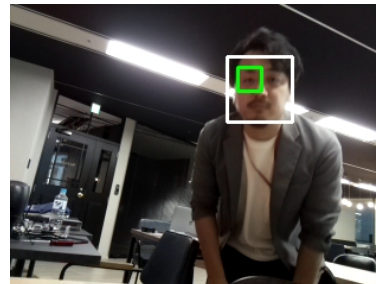
- 2021年度 全4回開催+報告会実施。参加者9名、3チーム編成
- 2020年度 全4回開催+報告会実施。参加者14名(内7社、男性:13名、女性:1名)、4チーム編成
- 2019年度 全4回開催+報告会を実施。参加者8名(内4社、男性:6名、女性:2名)、3チーム編成



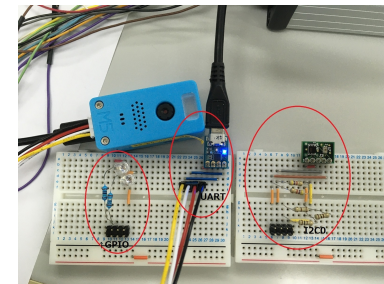
ワーキングの様子。
企業間でチームを編成し、ハンズオンに取り組む



2021年度は液晶+WiFi マイコンのM5 Stickを使ったハンズオンでAIあり、IoTありとバラエティがあった



報告会のデモ。ラズパイとカメラと人感センサーで作成した社内来客検知で顔検出を行ったところ



2020年度はAIマイコンのM5SticVを使ったハンズオンでエッジAIにも取り組んでいる



「OSSによるLSI開発OpenEDAとRISC-V」

2022/11/16 発行

発行者 一般社団法人 組込みシステム技術協会
東京都 中央区 入船 1-5-11
TEL: 03(6372)0211 FAX: 03(6372)0212
URL: <http://www.jasa.or.jp/>

本書の著作権は一般社団法人組込みシステム技術協会（以下、JASA）が有します。

JASAの許可無く、本書の複製、再配布、譲渡、展示はできません。
また本書の改変、翻案、翻訳の権利はJASAが占有します。
その他、JASAが定めた著作権規程に準じます。